

ФОТОННЫЙ ПОЛИХРОМНЫЙ БЕЗУЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ СОЛЯРИЙ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ФОТОТЕРАПИИ С ДВУХПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМОЙ ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.В. Кипенский, Е.И. Сокол, В.В. Куличенко
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
Кафедра «Промышленная и биомедицинская электроника», лаборатория биомедицинской электроники
НТУ «ХПИ», ул. Фрунзе 21, г. Харьков, 61002, Украина
Тел.: (057) 70-76-237, 70-76-937, e-mail: Derenko@kpi.kharkov.ua
А.М. Коробов
НИИ лазерной биологии и лазерной медицины
пл. Свободы 4, г. Харьков, 61077, Украина
тел.: (057) 70-75-191, e-mail: LBLM@univer.kharkov.ua

Annotation – The influence of electro-magnetic waves on humans tissue is described. The information on new medical apparatus for complex phototherapy is given.

Key words – phototherapy, scanning mode, microprocessor system.

ФОТОТЕРАПИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Фототерапия является разделом физиотерапии, изучающим и применяющим в лечебных, профилактических и реабилитационных целях искусственно полученное электромагнитное излучение (ЭМИ) оптического диапазона (ОД). ОД в зависимости от длины волны ЭМИ принято разделять на три области:

- ультрафиолетовое (УФ) излучение – коротковолновое (180-280 нм), средневолновое (280-320 нм) и длинноволновое (320-400 нм);
- видимое излучение – фиолетовое (400-450 нм), синее (450-480 нм), голубое (480-510 нм), зеленое (510-580 нм), желтое (580-590 нм), оранжевое (590-620 нм) и красное (620-760 нм);
- инфракрасное (ИК) излучение – ближнее (760-2500 нм), среднее (2500-50000 нм) и далекое (50000-1000000 нм).

При взаимодействии с поверхностью тела человека одна часть ЭМИ ОД отражается, другая рассеивается во все стороны, третья поглощается, а четвертая – проходит сквозь различные слои биологических тканей. Характер взаимодействия ЭМИ ОД с биологическими тканями определяется, прежде всего, его проникающей способностью. Глубина проникновения такого излучения нарастает при переходе от ультрафиолетовой области спектра (проникновение на 0,7-0,8 мм) к оранжевому излучению (до 2,5 мм). Для красного излучения глубина проникновения излучения составляет 20-30 мм, а инфракрасное излучение с длиной волны 950 нм проникает на глубину 60-70 мм. В среднем и далеком инфракрасном излучении глубина проникновения резко снижается до 0,3-0,5 мм. В зависимости от используемой области спектра ЭМИ ОД и характера излучения в фототерапии принято выделять следующие основные виды воздействия [1]:

- УФ-облучение;
- облучение излучением видимой области спектра – хромотерапия;
- ИК-облучение;
- облучение лазерным излучением (ЛИ) – лазерная терапия.

ЭМИ УФ-области спектра в целом характеризу-

ется малой проникающей способностью и поглощается в основном поверхностными слоями кожи. Механизм действия УФ-излучения связан со способностью некоторых атомов и молекул избирательно поглощать энергию ЭМИ [2]. В результате поглощения фотона атомы и молекулы тканей переходят в возбужденное состояние, характеризующееся переходами электронов с одной орбиты на другую. В возбужденном состоянии молекула находится около 10^{-8} с, после чего она возвращается в исходное состояние. Выделяющаяся при этом энергия инициирует фотохимические процессы, прежде всего в наиболее чувствительных к УФ-излучению ДНК и РНК, белковых молекулах. Это приводит к разрыву слабых связей в молекуле белка, образованию свободных радикалов, распаду сложных молекул на более простые (фотолиз белка). В результате этих процессов высвобождаются биологически активные вещества (ацетилхолин, гистамин, простагландин и др.), повышается активность ряда ферментов (пероксидазы, гистаминазы, тирозиназы и др.). Происходит неспецифическая протеинотерапия, проявляющаяся изменением жизнедеятельности органов и систем организма, стимуляцией его защитных механизмов и функций эндокринных желез.

Результат взаимодействия белковой молекулы с УФ-излучением во многом зависит от его положения в области спектра. Облучение средневолновым УФ-излучением (СУФ) вызывает преимущественно фотолиз белка, в то время как облучение коротковолновым УФ-излучением (КУФ) чаще приводит к коагуляции и денатурации белковых молекул. Под влиянием СУФ и КУФ, особенно в больших дозировках, происходят изменения в нуклеиновых кислотах, в результате чего возможно возникновение клеточных мутаций. В тоже время длинноволновое УФ-излучение (ДУФ) приводит к образованию специфического фермента фотореактивации, способствующего восстановлению нуклеиновых кислот.

Под действием УФ-излучения в тканях усиливаются окислительно-восстановительные процессы, появляются и усиливаются процессы фотоизомеризации, что проявляется образованием витамина D₃, стимулируются процессы пигментообразования и фотосинтеза.

ЭМИ видимой области спектра представляет собой совокупность различных цветов и цветовых оттенков, которые оказывают избирательное действие на возбудимость корковых и подкорковых нервных центров, а, следовательно, модулируют психоэмоциональные процессы в организме. Еще в 1910 г. академик В.М. Бехтерев установил, что красное и оранжевое излучения возбуждают корковые центры и подкорковые структуры, синее и фиолетовое – угнетают их, а зеленое и желтое уравнивают процессы торможения и возбуждения в коре большого мозга и обладают антидепрессивным действием.

При поглощении видимого излучения в коже происходит выделение тепла, которое изменяет импульсную активность термочувствительных волокон кожи, активирует сегментарно-рефлекторные и местные реакции микроциркуляторного русла и усиливает метаболизм облучаемых тканей. Вызываемые видимым излучением конформационные перестройки элементов дермы активируют иммуногенез кожи и гуморальную регуляцию обменных процессов в организме путем индукции выделения гормонов гипофиза [1].

Среди различных методов хромотерапии особое место занимает цветопунктура. Уникальность метода состоит, прежде всего, в том, что он ничего не привносит в организм человека, а направлен лишь на восстановление первоначального, свойственного человеческому организму энергетического равновесия, нарушенного болезнью [3]. Этот метод позволяет избирательно влиять на отдельные химические ингредиенты клеток и тканей, поскольку молекула каждого вещества имеет свой характерный спектр поглощения. Подбирая излучение с соответствующей длиной волны можно направленно простимулировать необходимое биологически активное соединение. В результате протекающий с его участием метаболический процесс ускорится или замедлится, что благоприятно отразится на течении патологического процесса [4].

Голубое и синее излучения вызывают фотобиологическое разрушение гематопорфирина, входящего в состав билирубина, который может причинить повреждения отдельных органов и систем организма. С учетом невысокой проникающей способности голубого излучения фотодеструктивные процессы наиболее выражены при незначительной толщине кожных покровов, которая характерна для новорожденных [5].

ЭМИ ИК-области спектра называют тепловым, поскольку его источником является любое нагретое тело. При этом, чем больше тело нагрето, тем больше интенсивность излучения и короче длина волны максимального излучения.

Поглощаясь тканями организма, фотон ИК-излучения трансформируется в тепловую энергию. При этом возникает сосудистая реакция как результат непосредственного действия тепла и возбуждения терморецепторов, импульсы от которых поступают в терморегуляционные центры и вызывают терморегуляторные реакции [6]. Тепло, как известно, является катализатором, ускоряющим обменные и биохимические процессы в тканях. Именно поэтому ИК-излучение улучшает обмен веществ, жизнедеятельность тканей и ускоряет окислительные процессы.

Наряду с тепловым действием ближнее ИК-излучение может вызвать слабый фотохимический эффект. Под его влиянием изменяется чувствительность кожи – повышается тактильная чувствительность и снижается болевая. Болеутоляющее действие ИК-излучения обусловлено изменением чувствительности рецепторов, удалением продуктов метаболизма, понижением мышечного тонуса, снятием спазмов.

Терапевтическое действие ЭМИ ИК-области спектра обусловлено активным расширением сосудов тех органов и тканей, которые иннервационно связаны с облучаемым участком кожи. Увеличение местного лейкоцитоза и фагоцитоза, активизация иммунобиологических процессов, рассасывание и удаление продуктов метаболизма, анальгезирующее действие, повышение проницаемости сосудов обуславливает противовоспалительное действие и оказывает лечебный эффект ИК-излучения при хронических и подострых воспалительных процессах. При остром воспалительном процессе, когда сосудистая реакция и без того выражена, ИК-излучение может вызвать пассивную застойную гиперемию и даже усилить болевой синдром.

Воздействие **низкоэнергетическим лазерным излучением (НЭЛИ)** выделяют в отдельное направление – лазерную терапию, благодаря таким свойствам ЛИ как монохроматичность, когерентность, поляризованность и высокая направленность луча. При оптимальных дозах воздействия НЭЛИ осуществляется энергетическая «подкачка» (биостимуляция) организма, в результате которой активируются саногенетические процессы.

Ключевым звеном в биостимулирующем эффекте ЛИ является активация ферментов, которая приводит к усилению биоэлектрических и биосинтетических процессов в клетках. Активация биоэлектрических ферментов приводит к возрастанию уровня АТФ и других веществ [4]. Важнейший компонент дальнейших реакций проявляется в интенсификации пролиферации клеток, что определяет такие процессы, как скорость роста и регенерации тканей, кровотоков, активность иммунной системы и системы микроциркуляции.

Стимулирующее действие НЭЛИ на процессы регенерации наиболее отчетливо проявляется для костных образований, соединительной, эпителиальной и мышечной тканей, а также нервных волокон. Стимуляция кровотоков выражается в увеличении числа форменных элементов крови, изменении активности антисвертывающей системы крови, снижении СОЭ. Активизация иммунной системы характеризуется повышением интенсивности деления и усилением функциональной активности иммунокомпетентных клеток (лимфоцитов, лейкоцитов и др.), увеличением образования белков (иммуноглобулинов и др.). Это клинически обуславливает выраженный противовоспалительный эффект, особенно при длительно текущих процессах. Иммунокорректирующая направленность НЭЛИ определяет и другой клинический эффект – десенсибилизирующий.

При анализе влияния НЭЛИ на биологические объекты принято выделять следующие уровни реализации ответной реакции:

- субклеточный – возникновение возбужденных

состояний молекул; образование свободных радикалов; стереохимическая перестройка молекул; увеличение скорости синтеза белка, РНК, ДНК; ускорение синтеза коллагена и его предшественников; изменение кислородного баланса и активности окислительно-восстановительных процессов;

- клеточный – изменение заряда электрического поля клетки, ее мембранного потенциала, повышение пролиферативной активности и т.д.;

- тканевый – изменение рН межклеточной жидкости, морфо-функциональной активности и микроциркуляции;

- органный – нормализация функции какого-либо органа;

- системный и организменный – возникновение ответных комплексных адаптационных нервно-рефлекторных и нервно-гуморальных реакций с активацией симпатoadреналовой и иммунной систем.

Конечным результатом лазерной биостимуляции является повышение резистентности организма и расширение пределов его адаптации, т.е. восприимчивости к различным заболеваниям.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для проведения процедур фототерапии используется множество аппаратов с источниками ЭМИ ОД, принцип действия которых основан на различных физических эффектах. Все эти аппараты с точки зрения способа воздействия ЭМИ ОД на тело человека могут быть разделены на четыре основные группы:

- аппараты с излучателем, проникающим в полость и ткани (для внутриорганного (внутриполостного) облучения, внутрисосудистого облучения крови, внутритканевого (внутрикостного, периостального или миофасциального) облучения);

- аппараты с излучателем, предназначенным для воздействия на биологически активные точки;

- аппараты с излучателем, предназначенным для воздействия на локальные участки тела человека;

- аппараты с излучателем, предназначенным для воздействия на все тело человека или его большую часть.

Аппараты первых трех групп достаточно широко и эффективно используются в медицинской практике. В Украине производством таких аппаратов занимаются: Научно-производственное объединение «Профессор», ООО «Медицинские инновационные технологии», Украинский центр лазерной медицины «АППАМЕД» (г. Киев); Научно-производственная медико-биологическая корпорация «Лазер и здоровье», Харьковское производственное объединение «Радиореле», Научно-производственная фирма «Пульсар» (г. Харьков); частное малое производственное предприятие «Фотоника Плюс» (г. Черкассы) и др.

Аппараты четвертой группы, которые могут рассматриваться как системы для комплексной фототерапии, применяются значительно реже (не последнюю роль в этом деле, наверное, играет достаточно высокая стоимость некоторых из них) и в основном имеют ограниченный спектр излучения. Например, для комплексного ИК-облучения применяются стационарные лампы-соллюкс ЛСС-6 и светотепловые ванны [1, 6]. Для ДУФ-облучения используются всевозможные

солярии и установки типа ЭОД-10, ОУШТ-500-01, PUVA-22, Psorylux и др. [1, 7].

Аппаратов для комплексной фототерапии с широким спектром излучения и возможностью модуляции ЭМИ в Украине до настоящего времени не производилось, а использование таких аппаратов, судя по анализу различных источников информации, может иметь высокую терапевтическую, реабилитационную и профилактическую эффективность. Следовательно, создание аппарата для комплексной фототерапии с широкими функциональными возможностями является актуальной задачей, решению которой и посвящена настоящая работа.

Разработка полихромного безультрафиолетового солярия для комплексной фототерапии выполнялась учеными и специалистами Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» и НИИ лазерной биологии и лазерной медицины.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ СОЛЯРИЯ

Фотонный полихромный безультрафиолетовый солярий для комплексной фототерапии выполнен в виде вертикальной кабины с дверью. ЭМИ ОД генерируется в солярии особо яркими светоизлучающими диодами, которые смонтированы на печатных платах. Все светодиоды разделены на светодиодные группы (СДГ) по длине волны излучения и по размещению в кабине:

- на потолке (верхний излучатель – ВИ) для вертикального облучения пациента сверху (см. рис. 1, а);

- на трех стенках и двери (боковой излучатель – БИ) для горизонтального облучения пациента со всех сторон (см. рис. 1, б, з);

- в полу (нижний излучатель – НИ) для вертикального облучения пациента снизу (см. рис. 1, в).

Каждая плата БИ содержит по шесть светодиодов каждого из семи излучений (фиолетовое, синие, голубое, зеленое, желтое, оранжевое и красное), т.е. 42 светодиода. Всего в боковом излучателе использовано 140 печатных плат (5880 светодиодов, разделенных на семь СДГ). Каждая плата ВИ и НИ содержит по 18 светодиодов с синим излучением, 18 светодиодов с красным излучением и 6 светодиодов с белым излучением. Красное и синие излучения используются для терапевтического воздействия, а белое излучение – для подсветки кабины. ВИ и НИ содержат по 14 печатных плат (588 светодиодов в каждом излучателе, разделенных на три СДГ).

Основные технические данные приведены в табл. 1.

Для управления фотонным полихромным безультрафиолетовым солярием используется двухпроцессорная система с пультом дистанционного управления, содержащим элементы индикации и органы управления. Подключение пульта дистанционного управления к системе управления аппаратом осуществляется соединительным кабелем с двумя разъемами.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СОЛЯРИЯ

Принцип действия **аппарата** для комплексной фототерапии основан на преобразовании переменного напряжения питающей сети в стабилизированное

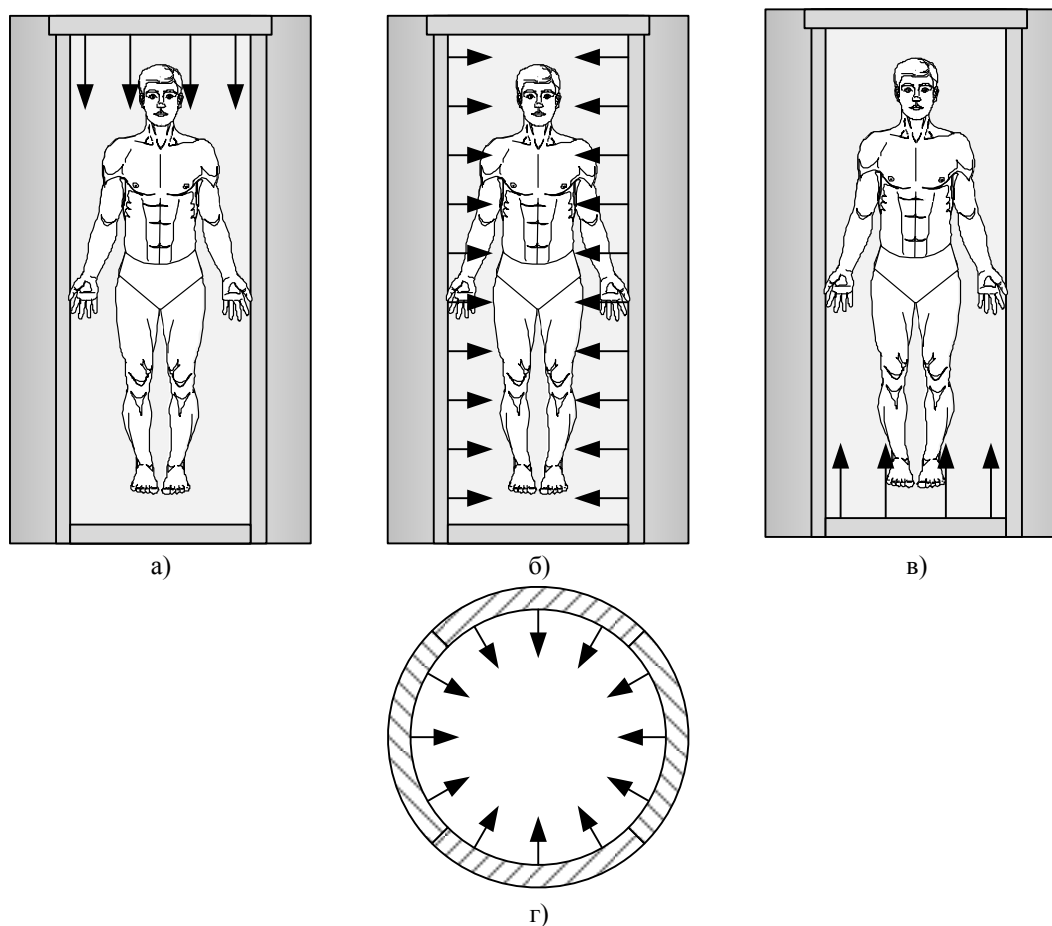


Рис. 1

Таблица 1

Параметр	Ед. изм.	Значение
Длина волны (диапазон) с максимальной мощностью излучения:		
– красного излучения	нм	650
– оранжевого излучения	нм	601
– желтого излучения	нм	590
– зеленого излучения	нм	525
– голубого излучения	нм	505
– синего излучения	нм	470
– фиолетового излучения	нм	405
Количество светодиодов каждого спектра		
– в боковом излучателе	шт.	840
– в верхнем излучателе (кроме белого)	шт.	252
– в нижнем излучателе (кроме белого)	шт.	252
Общее количество светодиодов белого цвета в верхнем и нижнем излучателях	шт.	168
Мощность излучения каждого светодиода	мВт	5
Диапазон регулирования частоты модуляции светового потока с дискретностью 1 Гц	Гц	1-99
Скважность импульсов светового потока в импульсном режиме	–	2
Диапазон регулирования частоты сканирования по длине волны ЭМИ с дискретностью 0,1 Гц	Гц	0,1 – 9,9
Диапазон установки продолжительности облучения с дискретностью 1 мин	мин	1 – 99
Напряжение питания	В	220 ± 22
Частота переменного напряжения питания	Гц	50
Максимальная мощность, потребляемая из сети переменного напряжения, не более	ВА	1200

постоянное или импульсное напряжение для питания светодиодов, где происходит непосредственное преобразование электрической энергии в ЭМИ видимой области спектра. При этом форма импульса излучения будет близка к форме импульса напряжения, прикладываемого к светодиодам [8].

Функциональная электрическая схема солярия приведена на рис. 2.

Основными блоками аппарата являются:

- ПДУ – пульт дистанционного управления, содержащий:

- КЛ – клавиатуру, с помощью которой выбираются режимы облучения и задаются их параметры,
- БЗС – блок звуковой сигнализации, предназначенный для сигнализации о начале и окончании процесса облучения,
- БОИ – блок отображения информации в виде жидкокристаллического дисплея для выбора режима облучения, отображения задаваемых параметров и контроля за ходом процедуры,
- МП 1 – первый микропроцессор, выполняющий функции вычислительно-управляющего блока (ВУБ 1), обрабатывающего информацию от клавиатуры, цифро-импульсного преобразователя с широтно-импульсным законом преобразования (ЦИП 1 с ШИП), тактируемого генератором тактовых импульсов (ГТИ 1) и обеспечивающего дозирование облучения по продолжительности. Кроме того, МП 1 формирует управляющее воздействие для вычислительно-управляющего блока (ВУБ 2) второго микропроцессора (МП 2), размещенного на печатной плате системы управления в кабине аппарата;

- МП 2 – второй микропроцессор является управляющим элементом микропроцессорной системы импульсного управления фотонным полихромным безультрафиолетовым солярием и выполняет функции вычислительно-управляющего блока (ВУБ 2), обрабатывающего информацию от первого микропроцессора МП 1, цифро-импульсного преобразователя с частотно-импульсным законом преобразования (ЦИП 2 с ЧИП), тактируемого генератором тактовых импульсов (ГТИ 2) и обеспечивающего, совместно с Т-триггером (ТТ) формирование управляющего сигнала для обеспечения различных режимов работы излучателей. Кроме того, вычислительно-управляющий блок второго микропроцессора формирует управляющее воздействие для блока релейных элементов (БРЭ), регистра (РГ) и блока драйверов (БД);

- БОИ 2 – второй блок отображения информации выполнен в виде двухзначного семисегментного светодиодного индикатора, размещен в кабине солярия и предназначен для отображения продолжительности облучения оставшегося до окончания процедуры после его начала;

- ИВЭП – импульсный источник вторичного электропитания, формирующий на своем выходе стабилизированное постоянное напряжение 5 В для питания элементов пульта управления и микропроцессорной системы импульсного управления;

- СВЭП – система вторичного электропитания,

содержащая импульсные источники электропитания, формирующие на своих выходах стабилизированное постоянное напряжение 15 В для питания СДГ излучателей;

- БРЭ – блок релейных элементов, обеспечивающий по сигналу микропроцессора МП 2 подключение источников электропитания СВЭП и тепловентилятора к переменному напряжению питающей сети (~ 220 В);

- РГ – регистр, обеспечивающий преобразование управляющего воздействия (в виде цифрового кода) на входе в систему управляющих сигналов на выходе;

- БД – блок драйверов, обеспечивающий согласование выходных сигналов регистра со входами транзисторных ключей многоканального коммутатора;

- МКК – многоканальный коммутатор, предназначенный для коммутации токов через СДГ в зависимости от управляющих сигналов, формируемых блоком драйверов;

- БВ – блок вентиляторов, обеспечивающих охлаждение системы управления и излучателей;

- ВИ содержащий:

- СДГ 470 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 470 нм (синий участок спектра),

- СДГ 650 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 650 нм (красный участок спектра);

- БИ содержащий:

- СДГ 405 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 405 нм (фиолетовый участок спектра),

- СДГ 470 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 470 нм (синий участок спектра),

- СДГ 505 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 505 нм (голубой участок спектра),

- СДГ 525 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 525 нм (зеленый участок спектра),

- СДГ 590 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 590 нм (желтый участок спектра),

- СДГ 601 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 601 нм (оранжевый участок спектра),

- СДГ 650 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 650 нм (красный участок спектра);

- НИ содержащий:

- СДГ 470 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 470 нм (синий участок спектра),

- СДГ 650 нм – светодиодная группа с длиной волны максимума излучения 650 нм (красный участок спектра);

- БП – блок подсветки, обеспечивающий освещение кабины солярия до начала и после окончания процедуры.

Микропроцессорная система управления обеспечивает работу фотонным полихромным безультрафиолетовым солярием в трех режимах:

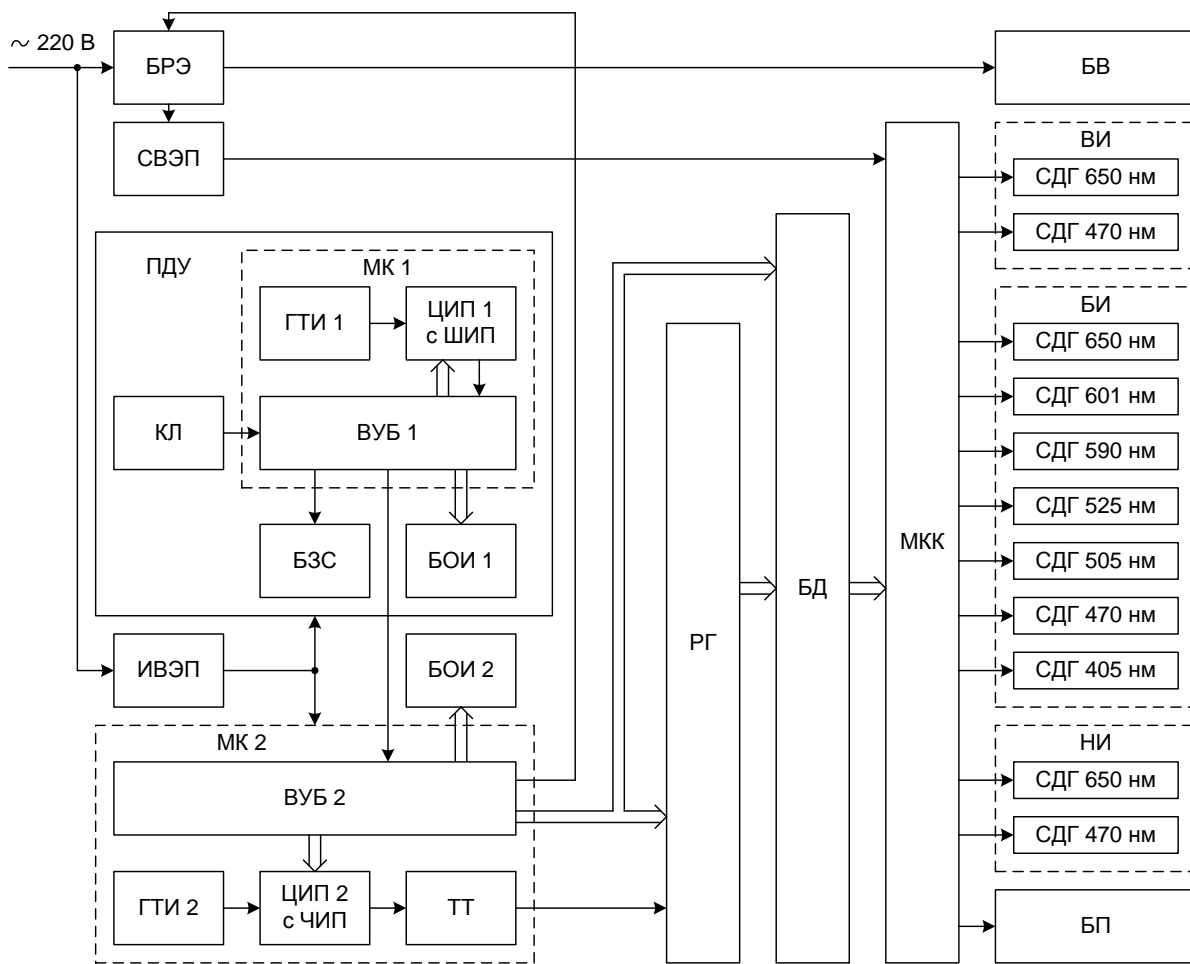


Рис. 2

- непрерывный режим – воздействие немодулированным ЭМИ с выбранной длиной волны λ ;

- импульсный режим – воздействие модулированным ЭМИ с выбранной длиной волны λ и частотой модуляции f_m от 1 до 99 Гц при скважности $q = 2$ (длительность импульса равна половине периода модуляции T_m);

- сканирующий режим – воздействие ЭМИ с изменяющейся длиной волны λ бокового излучателя от минимального (фиолетовое излучение) до максимального (красное излучение) значения с частотой сканирования $f_{СК}$ от 0,1 до 9,9 Гц.

В первом (*непрерывный*) и втором (*импульсный*) режимах для воздействия может быть выбрано (или исключено) любое излучение БИ, ВИ и НИ или любая комбинация излучения для БИ.

В третьем (*сканирующем*) режиме в боковом излучателе поочередно используются все виды излучений от фиолетового до красного, а ВИ и НИ могут работать (если выбраны) в непрерывном режиме с выбранным излучением. Изменение длины волны БИ в сканирующем режиме осуществляется путем поочередного включения СДГ в последовательности, показанной на рис. 3.

Система управления фотонным полихромным безультрафиолетовым солярием для комплексной фототерапии реализована в соответствии с новой

концепцией микропроцессорного импульсного управления, основанной на положениях теории цифро-импульсных и импульсно-цифровых преобразований [9, 10].

ДОЗИРОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

В общем случае доза ЭМИ является функцией мощности излучения и продолжительности облучения [4]. Мощность ЭМИ **аппарата** зависит от выбранного режима работы и выбранной комбинации излучений.

Максимальная мощность излучения может быть обеспечена в непрерывном режиме облучения. Для непрерывного режима (НР) мощность ЭМИ определяется следующими выражениями:

для БИ

$$P_{БИ НР} = P_{VD} (Q_{1БИ} n_{405БИ} + Q_{2БИ} n_{470БИ} + Q_{3БИ} n_{505БИ} + Q_{4БИ} n_{525БИ} + Q_{5БИ} n_{590БИ} + Q_{6БИ} n_{601БИ} + Q_{7БИ} n_{650БИ});$$

для ВИ

$$P_{ВИ НР} = P_{VD} (Q_{1ВИ} n_{470ВИ} + Q_{2ВИ} n_{650ВИ});$$

для НИ

$$P_{НИ НР} = P_{VD} (Q_{1НИ} n_{470НИ} + Q_{2НИ} n_{650НИ}),$$

где $P_{VD} = 5$ мВт – мощность излучения одного светодиода;

Q_{ij} – коэффициент, принимающий значение 1, если СДГ с соответствующим излучением выбрана для облучения, и принимающий значение 0, если СДГ не выбрана;

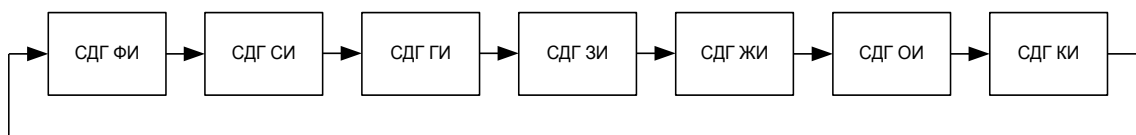


Рис. 3

$n_{БИ} = 840$ – количество светодиодов в каждой из СДГ БИ с определенной длиной волны излучения;

$n_{ВИ} = n_{НИ} = 252$ – количество светодиодов в каждой из СДГ ВИ и НИ с красным или синим излучениями.

Суммарная мощность излучения фотонного полихромного безультрафиолетового солярия для комплексной фототерапии в непрерывном режиме работы может быть определена как:

$$P_{АПП НР} = P_{БИ НР} + P_{ВИ НР} + P_{НИ НР}.$$

Мощность излучения **аппарата** в импульсном режиме (ИР) работы будет в два раза ниже, чем в непрерывном режиме, поскольку скважность следования модулирующих импульсов равна $q = 2$

$$P_{АПП ИР} = P_{АПП НР} / q.$$

В сканирующем режиме (СР) мощность излучения будет определяться выражением:

$$P_{АПП СР} = P_{БИ НР} / 7 + P_{ВИ НР} + P_{НИ НР},$$

где $Q_{БИ} = Q_{ВИ} = Q_{ЗБИ} = Q_{ЗВИ} = Q_{ЗБИ} = Q_{ЗВИ} = Q_{ЗБИ} = Q_{ЗВИ} = 1$.

Дозирование облучения по продолжительности осуществляется с помощью таймера. По окончании установленной продолжительности облучения производится автоматическое отключение всех светодиодных излучателей и включение светодиодов белого цвета для подсветки кабины аппарата, подается короткий звуковой сигнал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под действием фотонного полихромного безультрафиолетового солярия для комплексной фототерапии в организме человека нормализуется работа всех регуляторных систем: иммунной, эндокринной и центральной нервной.

Воздействие вызывает изменения на всех уровнях организма: субклеточном, клеточном, тканевом, органном, системном, организменном. Реакция организма на действие излучения сопровождается усилением регионарного кровообращения, нормализацией системной гемодинамики, повышением синтеза белков и ферментов, возрастанием уровня энергообмена в клетках, улучшением микроциркуляции крови в тканях.

Солярий нормализует обменные процессы в ор-

ганизме, предупреждая тем самым образование камней, отложение солей, тромбирование сосудов и реологические показатели крови.

Фотонный безультрафиолетовый полихромный солярий для комплексной фототерапии обеспечивает профилактику наиболее распространенных заболеваний человека: кардиологических, неврологических, инфекционных, онкологических.

Так как солярий не содержит ультрафиолетового излучения, он показан мужчинам и женщинам, пожилым людям и детям любого возраста.

[1] Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия: Учебник. – М.: Медицина, 1999. – 432 с.

[2] Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия: Учебник. – Мн.: Интерпроцессервис, Книжный Дом, 2003. – 512 с.

[3] Паньямента Н. Цветопунктура для детей. – СПб: Питер Паблишинг, 1998. – 160с.

[4] Самосюк И.З., Лысенюк В.П., Лобода М.В. Лазеротерапия и лазеропунктура в клинической и курортной практике. – К.: Здоров'я, 1997. – 240 с.

[5] Суліма О.Г. Фототерапія як основний метод лікування гіпербілірубінемій у новонароджених // Медична техніка. – 2008. – № 1(2). – С. 36-37.

[6] Клиническая физиотерапия / Под ред. В.В. Оржешковского. – К.: Здоров'я, 1984. – 448 с.

[7] Техника и методики физиотерапевтических процедур (справочник) / Под ред. В.М. Боголюбова. – Тверь: Губернская медицина, 2002. – 408 с.

[8] Микропроцессорные блоки импульсного управления фотонными излучателями терапевтического назначения / Е.И. Сокол, А.В. Кипенский, Е.И. Король и др. // Технічна електродинаміка. – Київ: ІЕД НАНУ, 2005. Тем. вип. Силова електроніка та енергоефективність. – Ч. 4. – С. 113-118.

[9] Kipensky A.V., Sokol E.I., Lastovka A.P. About some concepts of structure building of microprocessor control systems for semiconductor converters of electric energy. Proc. EDPE'96, Slovakia, 1-3 October 1996. – pp. 614-616.

[10] Кипенский А.В. Импульсно-цифровые и цифро-импульсные преобразователи: Учеб. пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 132 с.